

学校编码: 10384

分类号\_\_\_\_密级\_\_\_\_

学号: 33120131152845

UDC\_\_\_\_

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

**AC-LED 光闪烁探究和优化**

**Study and optimization of the AC-LED's light flicker**

纪旭明

指导教师姓名: 吕毅军教授

专 业 名 称 : 电子与通信工程

论文提交日期: 2016 年 4 月

论文答辩时间: 2016 年 5 月

学位授予日期: 2016 年 月

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

评 阅 人: \_\_\_\_\_

2016 年 4 月

# 厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为( )课题(组)的研究成果,获得( )课题(组)经费或实验室的资助,在( )实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

## 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（        ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，  
于        年        月        日解密，解密后适用上述授权。

（        ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年        月        日

厦门大学博硕士论文摘要库

## 摘 要

生活水平的提高促使人们提高了对照明的要求。照明效果是物理、生物、心理效应的综合体现，物理效应是照明设备发出光的客观参数，生物效应是观测者感受到的光参数，而心理效应则是人在照明条件下易产生的心理状态。因此照明对人身心造成的影响是个值得关注的问题。

本文主要研究对象是 LED 照明产品中的 AC-LED。AC-LED 具有低廉的生产成本、可直接接入市电和便于光学设计等特点。AC-LED 可直接接入市电工作，但是存在光闪烁（俗称频闪）现象，频闪会对人身心产生很大的伤害。

本文开展对 AC-LED 进行光闪烁研究，通过合理的实验分析 AC-LED 的照度曲线和衡量光闪烁影响因素，引起人们对光闪烁问题的重视。并以此为基础，为批量生产的 AC-LED 照明产品提供实际可行的优化方案。为了保证方案可行性和低成本性，不考虑采用变频手段。

具体研究过程：（1）使用照度探测器测试接入市电 AC-LED 的光输出，通过示波器对其照度曲线进行分析，得出光闪烁主要影响因素是频率和波形，两者决定了光照度曲线的稳定性。（2）提出通过滤波吸收电网噪声稳定 AC-LED 电压波形，达到稳定光输出的目的，并实验证实此方案可行。（3）根据 LED 的 I-V 特性，考虑从核心--波形上稳定 AC-LED 的光输出。先直接供给 AC-LED 方波，测试出在此条件下 AC-LED 波动深度数值很小。接着通过仿真模拟，选择合适的正弦波转换方波的电路，利用二极管限幅特性，制造出波形转换电路板。最后进行实际照度实验测试，验证了此方案的可行性。

**关键词：**AC-LED；光闪烁；照度曲线

## ABSTRACT

The improving life qualities of people require higher standard of lighting. The quality of lighting is a comprehensive reflection of its physical, biological and psychological effects. The first one includes the objective optical parameters of light sources; the second one means the light parameters that observers receive, and the third one, influences on one's mood under certain luminous conditions. In consequence, the impact on human physiology and psychology caused by lighting is a matter of concern.

The work reported in this dissertation is mainly focus on the AC-LEDs, which are low-cost manufacturing, access to mains directly and convenient for secondary optics design. AC-LEDs works directly under the mains electricity (AC 110/220 V, 60/50 Hz), but they are flicking during work, which can harm severely on people around.

This paper first presents studying light flicker on AC-LED. Through neatly designed experiment, we analyze illuminance curves and evaluate factors of light flicker. By doing so, we try to let people pay attention on flicking effects. On the basis of it, we provide feasible and optimized solutions for mass lighting productions of AC-LEDs according to the research above. In order to ensure the feasibility and low-cost of the program, we do not consider the usage of frequency conversion method.

This work are divided into the following three main processes:(a) Measuring the light output of AC-LED connected to the mains (AC 220 V, 50 Hz) via an illuminance detector, and analyzing the illuminance curves, via an oscillator, finding out that the frequency and waveform are two main factors which determine the stabilities of illuminance curves. (b) By conducting experiment, we prove the feasibility of stabilizing the V waveform of AC-LED by means of employing a filter to reduce the noise of the grid. (c) According to the I-V curves of AC-LEDs, we try to reduce the fluctuation of light output by adjusting the illuminance-waveform. Firstly, we subject the AC-LED under rectangular waveform, and measure an output waveform with less degree of fluctuation. Secondly, according to the results of software simulation and

utilizing the amplitude-limiting characteristic of diodes, we design and fabricate a proper circuit as the sine-to-rectangular convertor. At last, we perform the illuminance test under practical conditions and prove the feasibility of the whole solution.

**Key words:** AC-LED; light flicker; illumination curve

厦门大学博硕士论文摘要库

## 目 录

摘 要.....	I
目 录.....	IV
第一章 绪论 .....	1
1.1 研究背景 .....	1
1.2 智能照明的发展 .....	2
1.2.1 智能家居.....	3
1.2.2 汽车照明.....	3
1.2.3 植物照明.....	4
1.3 选题依据与总结 .....	4
第二章 AC-LED 与照明 .....	7
2.1 AC-LED 结构和特性 .....	7
2.2 照明标准和选取准则 .....	10
2.2.1 照明准则.....	10
2.2.2 照明设备选取.....	10
2.3 光闪烁研究意义和副作用 .....	11
2.3.1 光闪烁研究意义.....	11
2.3.2 光闪烁副作用.....	12
2.4 优化光闪烁的方法 .....	13
2.4.1 利用余辉效应优化光闪烁.....	13
2.4.2 从 LED 结构上优化光源.....	14



2.5 本章小结 .....	15
<b>第三章 基于波动深度的光闪烁研究 .....</b>	<b>16</b>
3.1 光闪烁测试方法和原理 .....	17
3.1.1 光闪烁测试方法.....	17
3.1.2 光闪烁计算.....	17
3.2 光闪烁测试实验 .....	18
3.2.1 实验样品说明.....	18
3.2.2 测试设备.....	19
3.3 测试分析 .....	22
3.4 光闪烁优化基础 .....	24
3.4.1 噪声.....	25
3.4.2 谐波.....	25
3.5 本章小结 .....	26
<b>第四章 基于滤波的光闪烁优化研究 .....</b>	<b>27</b>
4.1 滤波和滤波器介绍 .....	27
4.2 通过滤波优化 AC-LED 光闪烁 .....	27
4.2.1 滤波电路.....	27
4.2.2 器件选取.....	28
4.3 测试分析 .....	29
4.4 本章小结 .....	31
<b>第五章 基于波形优化 AC-LED 光闪烁.....</b>	<b>32</b>
5.1 方波有益于 AC-LED 光输出稳定的验证 .....	33
5.1.1 接入方波和市电 AC-LED 照度曲线对比 .....	33

5.1.2 方波有效值增加对照度曲线的影响.....	35
5.2 方波有助于 AC-LED 热稳定 .....	36
5.3 模拟设计和实体验证 .....	37
5.3.1 模拟设计转换电路.....	37
5.3.2 设计和制作.....	39
5.3.3 接入转换电路板照度曲线测试.....	41
5.4 本章小结 .....	43
第六章 总结与展望 .....	45
6.1 总结.....	45
6.2 展望.....	46
硕士期间发表成果 .....	47
致 谢.....	48
参 考 文 献 .....	49

# CONTENTS

<b>Abstract.....</b>	<b>II</b>
<b>Contents .....</b>	<b>VII</b>
<b>CH.1 Introductions .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Research background .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Development of Smart Lighting .....</b>	<b>2</b>
1.2.1 Smart home .....	3
1.2.2 Automotive lighting .....	3
1.2.3 Plant lighting .....	4
<b>1.3 Topic basis and main works .....</b>	<b>4</b>
<b>CH.2 AC-LED and illumination .....</b>	<b>7</b>
<b>2.1 AC-LEDs' structure and features .....</b>	<b>7</b>
<b>2.2 Lighting standard and selection criteria .....</b>	<b>10</b>
2.2.1 Lighting standard .....	10
2.2.2 Lighting apparatus selection .....	10
<b>2.3 Significance of research light flicker and its side-effects .....</b>	<b>11</b>
2.3.1 Significance of research light flicker .....	11
2.3.2 Light flicker's side-effects .....	12
<b>2.4 Optimization of light flicker .....</b>	<b>13</b>
2.4.1 Optimize light flicker with afterglow effect .....	13
2.4.2 Optimize light source structurally .....	14

<b>2.5 Chapter summary .....</b>	<b>15</b>
<b>CH.3 Study of light flicker based on fluctuation depth.....</b>	<b>16</b>
<b>3.1 Test method and principle of light flicker.....</b>	<b>17</b>
3.1.1 Calculation method of light flicker .....	17
3.1.2 Calculation of light flicker .....	17
<b>3.2 Experimental test of light flicker .....</b>	<b>18</b>
3.2.1 Introductions of experimental samples .....	18
3.2.2 Experimental tools .....	19
<b>3.3 Test and analyze .....</b>	<b>22</b>
<b>3.4 Optimization of light flicker.....</b>	<b>24</b>
3.4.1 Noise .....	25
3.4.2 Harmonic wave .....	25
<b>3.5 Chapter summary .....</b>	<b>26</b>
<b>CH.4 Study optimization of light flicker with filtering.....</b>	<b>27</b>
<b>4.1 Introduction of filtering and filter .....</b>	<b>27</b>
<b>4.2 Optimize light flicker of AC-LED with filtering .....</b>	<b>27</b>
4.2.1 Filtering circuit.....	27
4.2.2 Choice of device .....	28
<b>4.3 Measurement and analysis .....</b>	<b>29</b>
<b>4.4 Chapter summary .....</b>	<b>31</b>
<b>CH.5 Optimize light flicker of AC-LED based on waveform.....</b>	<b>32</b>
<b>5.1 Square wave benefits in stabilization of AC-LED's light output.....</b>	<b>33</b>
5.1.1 Comparison of AC-LED's illumination curve in AC and square wave .....	33

5.1.2 Square wave benefits illumination curve.....	35
<b>5.2 Square wave benefits AC-LED's thermostabilization .....</b>	<b>36</b>
<b>5.3 Manufacture and validation.....</b>	<b>37</b>
5.3.1 Simulate and design of ciucuit.....	37
5.3.2 Degisn and manufacture .....	39
5.3.3 Test of illumination curve with circuit.....	41
<b>5.4 Chapter summary .....</b>	<b>43</b>
<b>CH.6 Conclusions and expectations .....</b>	<b>45</b>
6.1 Conclusion .....	45
6.2 Expectation .....	46
<b>List of reaserch achievements.....</b>	<b>47</b>
<b>Acknowledgements .....</b>	<b>48</b>
<b>References .....</b>	<b>49</b>

厦门大学博硕士论文摘要库

## 第一章 绪论

### 1.1 研究背景

在 1907 年, Henry-Joseph-Round 在一次碳化硅通电实验中观察到了电致发光的现象, 由此第四代照明--LED 拉开了序幕, 随着半导体器件的研究发展和科学界逐步深入的认识, “电致发光”<sup>[1]</sup>这个名词获得了认可。20 世纪 50 年代, 英国科学家使用砷化镓制造出了真正意义上的 LED。随后第一个商用 LED 被生产出来, 虽然仅能发出红外光, 但它被迅速地应用于光感领域。1968 年, LED 的研究又取得了新的进展, 成功地用氮掺杂工艺生产出了红光、橙光和黄光的 1lm/W<sup>[2]</sup>的 GaAsP 器件。

LED 除了耗能低、寿命长以外, 还具有以下几个显著特点: 一是应用领域广。LED 可以做成各种形状的产品, 用于有多种需求的应用场合; 二是环保效益十分突出。LED 的光谱中没有紫外和红外成分, 即没有热量辐射也没有紫外辐射<sup>[3]</sup>, 是一种典型的绿色照明光源; 而且 LED 废弃物可以回收利用, 没有污染; 三是可控制性高。只需通过调整电流就可以随意调节光的输出; 另外, 不同颜色的 LED 配光组合方便, 可利用数字控制电路生成多彩的动态效果图。

自 2009 年以来, LED 照明市场蓬勃发展, 半导体照明光源需求量急剧增加, 导致 LED 芯片数量需求增大, 推动了半导体行业在 GaN 领域的研发<sup>[4]</sup>。各种 LED 封装厂和芯片生产厂的建立, 不仅促进了半导体行业的发展, 也引领起照明相关事业的蓬勃发展, 增加了就业。

LED 逐渐取代传统照明, 并且创造出了一个极大的市场。数据显示, 2015 年高亮度 LED 的全球产值是 124 亿美元, 其中用作照明 LED 器件占有份额高达 49.3%。2015 年中国照明的出口率年增长值是 15.1%, 其中超过 40%的是 LED 照明<sup>[5]</sup>。2015 年中国科技部长万钢的工作报告指出, 中国已成为半导体照明产业第一大国, 全球 80%的 LED 封装工作都在中国进行。

随着全球节能环保热情的高涨, 绿色照明再次被推上了风口浪尖。2015 年“巴黎气候大会”上, 绿色照明成为了世界主题, 全球 100 亿颗 LED 灯泡计划

也被提上日程,世界各国纷纷支持。中国将禁止 15W 以上白炽灯的生产与销售,以及世界各国“禁白令”<sup>[6]</sup>均陆续制定和实施,LED 的渗透率将会呈现大幅度上升趋势。2016 年初香港对照明市场发展方向进行了一次调研如下图 1.1,每个人只能选择一项,结果得出 LED 照明是被人们认为最有前景的行业,LED 环保照明深受用户关注,可见 LED 照明市场潜力无限巨大,LED 产业发展前景十分令人期待。

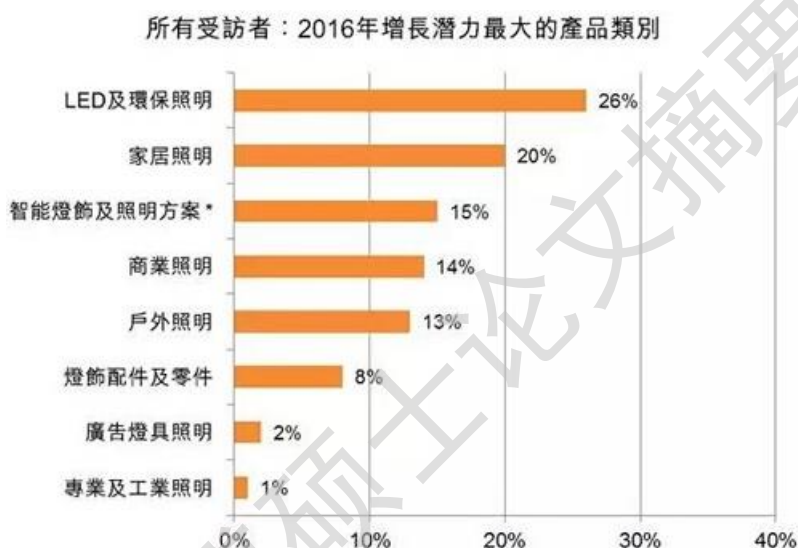


图 1.1 资料来源：香港贸发局调查<sup>[7]</sup>

## 1.2 智能照明的发展

互联网的不断发展,为 LED 提供了新的发展机遇--智能照明。智能照明利用计算机连接技术、无线通讯数据传输、和电力载波等通讯技术,通过信息智能处理及控制技术组成的分布式无线控制通讯系统,实现对照明设备的智能化控制<sup>[8]</sup>。对比传统的照明装置,LED 的电学特性、节能性、稳定性以及可控性等特性更符合智能照明的发展需求。

受消费意识、市场环境、产品价格和推广力度等各方面因素的影响,随着智能家居市场的持续火爆,作为其核心组成部分之一的智能照明也被 LED 行业重视起来。早在 2010 年,国家曾要求中国大中城市 60%的住宅应用照明实现智能



Degree papers are in the “[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)”.

Fulltexts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.